

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

Význam diagnostiky v systému řízení údržby

The Importance of Diagnostics in Maintenance
Management System

Student: Michal Doubravský, DiS.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Josef Novák, CSc.

Ostrava 2012

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Zadání bakalářské práce

Student: **Michal Doubravský**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: **Význam diagnostiky v systému řízení údržby**
The Importance of Diagnostics in Maintenance Management System

Zásady pro vypracování:

1. Analýza současného stavu.
2. Posouzení současného stavu.
3. Posouzení diagnostiky v řízení údržby.
4. Návrh řešení.
5. Celkové zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

NOVÁK, Josef. *Organizace a řízení*. VŠB-TU Ostrava, 2006. 105 s. ISBN 80-248-1223-1.
Racionalizace výroby [online]. Ostrava: FS, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2007. [cit. 2011-12-06]. URL: <http://www.fs.vsb.cz/euprojekty/414/racionalizace-vyroby.pdf>
Organizace a řízení [online]. Ostrava: FS, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2007. [cit. 2011-12-06]. URL: <http://www.fs.vsb.cz/euprojekty/414/organizace-a-rizeni.pdf>
NOVÁK, Josef. *Datová základna pro údržbu, montáže a další pomocné a obslužné práce: soubor základních technologických postupů*. Ostrava, 2004. 266 s.
HELEBRANT, František. *Konstrukce velkостrojů a jejich spolehlivost. II. Díl. Provozní spolehlivost*. Montanex, 2004. 89 s. ISBN 80-7225-149-X.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Josef Novák, CSc.**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012




prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.
vedoucí katedry


prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 21. 5. 2012



.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 21. 5. 2012



.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Michal Doubravský

Adresa trvalého pobytu autora práce: Kosmonautů 25, 77900, Olomouc

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

DOUBRAVSKÝ, Michal. *Význam diagnostiky v systému řízení údržby: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2012, 45 s. Vedoucí práce: doc. Ing. Josef Novák, CSc.

Tato bakalářská práce se zabývá, v dnešní době nezastupitelnou, technickou diagnostikou obráběcích strojů a její integrací do systému řízení údržby. V první části práce jsou popsány druhy údržby, její účel, systémy řízení údržby a posléze nejčastěji používaná metoda diagnostiky - vibrodiagnostika. Druhá část analyzuje počítačový systém řízení údržby ve firmě Koyo a integraci diagnostiky do tohoto systému. Posuzuje význam sledování trendu opotřebení ložisek pracovního vřeteníku na strategickém stroji, které došlo až do stavu poruchy stroje, i z důvodu nedostatečné integrace diagnostiky. Navrhuje způsob integrace diagnostiky do tohoto systému a zhodnocuje její budoucí přínos.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

DOUBRAVSKÝ, Michal. *The Importance of Diagnostics in Maintenance Management System: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering , Department of Mechanical Technology, 2012, 45 p. Thesis head: doc. Ing. Josef Novák, CSc.

This bachelor thesis deals with, nowadays indispensable, technical diagnostics of machine tools and its integration into the maintenance management system. In the first part of this thesis, the types of maintenance are described, its purpose and the maintenance management systems. Furthermore, follows up the most often used diagnostic method – vibration diagnostics. The second part of the thesis analyzes the computerized maintenance management system in the Koyo company and integration of diagnostics into this system. It also assesses the importance by monitoring trend in wear of work spindle bearing located in a strategic machine that was up to state equipment malfunction, and due to lack of integration of diagnostics. This bachelor thesis proposes a way of integration of diagnostics into this system and evaluates its future benefit.

Obsah:

stránka

Seznam použitých značek, symbolů a termínů:.....	8
1. Úvod	10
2. Údržba	11
2.1. Údržba reagující na poruchy zařízení	12
2.2. Plánovaná údržba	12
2.2.1. Preventivní údržba	13
2.2.2. Prediktivní údržba.....	13
2.2.3. TPM	14
2.2.4. TIM.....	15
3. Počítačové systémy v řízení údržby	16
3.1. Principy tvorby systémů	16
4. Technická diagnostika	17
4.1. Diagnostické prostředky.....	18
4.2. Diagnostické systémy	18
4.3. Vibrodiagnostika	19
4.3.1. Vibrate	19
4.3.2. Snímače pro měření vibrací.....	20
4.3.3. Uchycení snímačů	21
4.3.4. Vibrační analýza ložisek	22
4.3.5. Vyhodnocení signálu	23
5. Analýza současného stavu řízení údržby a diagnostiky ve firmě Koyo	26

5.1. Software pro řízení a plánování údržby: A – plus	27
5.2. Diagnostické prostředky	31
6. Posouzení současného stavu	33
7. Posouzení diagnostiky v řízení údržby	34
7.1. FAG ALS1 CNC – automatická vnitřní bruska.....	34
7.2. Příklad prediktivní prohlídky	36
8. Návrh řešení	42
9. Celkové zhodnocení	43
10. Seznam použité literatury	45

Seznam použitých značek, symbolů a termínů:

Akcelerační – zrychlení, zrychlování. Značka a , jednotka $m \cdot s^{-2}$.

CMMS – podnikový systém řízení údržby.

Diagnostické prostředky – soubor technických zařízení a pracovních postupů, které umožňují analýzu a vyhodnocení stavu diagnostikovaného objektu.

Diagnostický signál – vyjadřuje průběh vhodného ukazatele, který je přímo závislý na technickém stavu diagnostikovaného objektu a je měřitelný.

Diagnóza – vyhodnocení provozuschopnosti zkoumaného objektu.

Geneze – analýza příčin poruch nebo zhoršení technického stavu.

Kaizen – zlepšení, zlepšovací proces, zejména ve strojírenství.

Mezní stav – stav objektu, při kterém musí být další využívání pozastaveno.

Porucha – jev, který ukončí provozuschopnost zařízení.

Prediktivní údržba - metoda testování strojů, která nalézá chyby v jejich rané fázi vývoje.

Proaktivní činnost – činnost předcházející poruše.

RPM – Revolutions Per Minute (otáčky za minutu). Vedlejší jednotka soustavy SI pro frekvenci.

Stav technického objektu – vlastnosti objektu, které vyjadřují schopnost tohoto objektu vykonávat požadovanou funkci dle technické specifikace pro jeho užívání.

Technická diagnostika – vědní obor, který se zabývá bezdemontážními a nedestruktivními způsoby zjišťování technického stavu zkoumaného objektu.

TIM – Total Integrate Maintenance (totálně integrovaná údržba). Nejvyšší stupeň údržby, který zahrnuje TPM integrovanou do celkového systému řízení podniku.

TPM – Total Productive Maintenance (totálně produktivní údržba). Přístup k údržbě, vyvinutý v Japonsku, který zahrnuje zapojení obsluhy do preventivní údržby výrobního zařízení.

TPS – Toyota Production System. Systém štíhlé výroby vyvinutý firmou Toyota.

TQM – Total Quality Management (absolutní kontrola kvality). Organizované činnosti koncepce KAIZEN, které se týkají všech zaměstnanců, včetně managementu.

Údržba objektu – proces zajišťující provozuschopnost objektu. Údržba po poruše objektu, údržba v časových intervalech a údržba podle skutečného stavu objektu.

Závada – narušení bezvadného stavu, výrobek je ale stále schopen plnit svou funkci a dané parametry v předepsaných mezích.

Životnost – schopnost objektu plnit svou požadovanou funkci až do mezního stavu při předepsaném systému údržby a oprav.

1. Úvod

Údržba hmotného majetku má různou váhu v jednotlivých oborech podnikání. Dříve převládal názor, že jediným úkolem údržby je zajistit připravenost provozu a vyrábět za minimálních nákladů. Mnohdy bylo také postavení údržby ve firmě chápáno tak, že jen spotřebovává finanční prostředky, pracovní sílu, snižuje časový fond atd. V dnešní době si už ale firmy uvědomují, že údržba má vliv na všechny oblasti výrobních rizik a na efektivnost podnikání. Ovlivňuje tak nejen konkurenceschopnost podniku na trhu, ale i bezpečnost, efektivní využívání energií, kvalitu výrobků, uspokojování potřeb zákazníků a z toho plyne, že hraje velmi důležitou roli v celém životě fungování podniku. Splnění všech cílů údržby není z pohledu řízení vůbec jednoduché. Svou složitostí se řízení údržby dá přirovnat k řízení výrobní společnosti.

Moderní firmy si nemohou dovolit provozovat strojní zařízení až do stavu poruchy nebo zabezpečovat údržbu v pevně stanovených intervalech, je to velmi problematické. Údržba se nedá plánovat, protože nelze přesně odhadnout, kdy a jaká porucha nastane. K řešení nějakého problému je třeba odstavit na delší dobu stroj, což je neekonomické, vyhledat závadu a její příčinu a následně provést opravu. Pevně stanovené intervaly údržby také nejsou příliš efektivní, protože čas výměny určitých součástí je stanoven výrobcem, který ale nezohledňuje konkrétní podmínky daného provozu. Tyto problémy můžeme vyřešit tím, že budeme znát skutečný stav zařízení při provozu a sledovat trend vývoje, pak lze odhalit skryté vady, které by se mohly stát v budoucnu poruchou.

Tyto stavy zjistíme různými druhy měření, jež lze souhrnně nazvat technickou diagnostikou a jejím významem a integrací v údržbě firmy Koyo se zabývá tato práce.

„Ušetřená koruna v údržbě znamená o korunu vyšší zisk, ale správně použitá koruna v údržbě může znamenat mnohonásobně více.“ [1]

2. Údržba

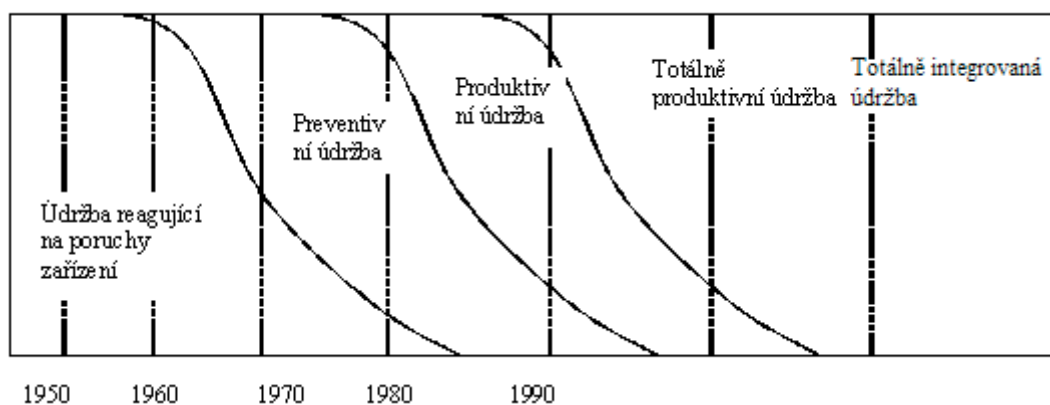
Údržba je v moderním podniku jedním z hlavních faktorů ovlivňující produkci a konkurenceschopnost podniku na trhu. Podniky v dnešní době často kupují velmi drahá technologická zařízení, na která musí vynakládat značné finanční prostředky, aby zajistily jejich maximální produktivitu. Tyto finanční prostředky ale musí být vynakládány efektivně. Obecně nepřetržité provozy vyžadují poměrně složitý a nákladný způsob udržování výrobních zařízení.

Nepřesné výsledky o skutečném stavu provozu zařízení, nevhodné použití postupů, špatné časové rozvržení preventivních prohlídek strojů, špatná evidence náhradních dílů, to jsou jedny ze základních chyb, které se v okruhu údržby v mnoha podnicích vyskytují. Pouze pokud je údržba správně řízena, může zabezpečovat bezporuchovou funkci spravovaného majetku za minimálních finančních nákladů.

Pro správnou funkci údržby je potřeba znát informace o:

- Správě majetku.
- Sledování aktivit údržby.
- Nadměrné poruchovosti určitých strojů a vysokých nákladů na jejich údržbu.
- Využití lidských zdrojů i celého útvaru údržby – zvýšení produktivity.
- Spotřebě energie.
- Technologickém postupu oprav a požadovaném rozsahu práce.
- Efektivním řízením zásob náhradních dílů.
- Optimalizací nákupu a skladování.
- Snížení neúměrných nákladů na údržbu.

Za posledních šedesát let prošla údržba velkým vývojem, od údržby reagující na poruchy zařízení, přes TPM až po TIM.



Obr. 2 – vývoj systémů údržby

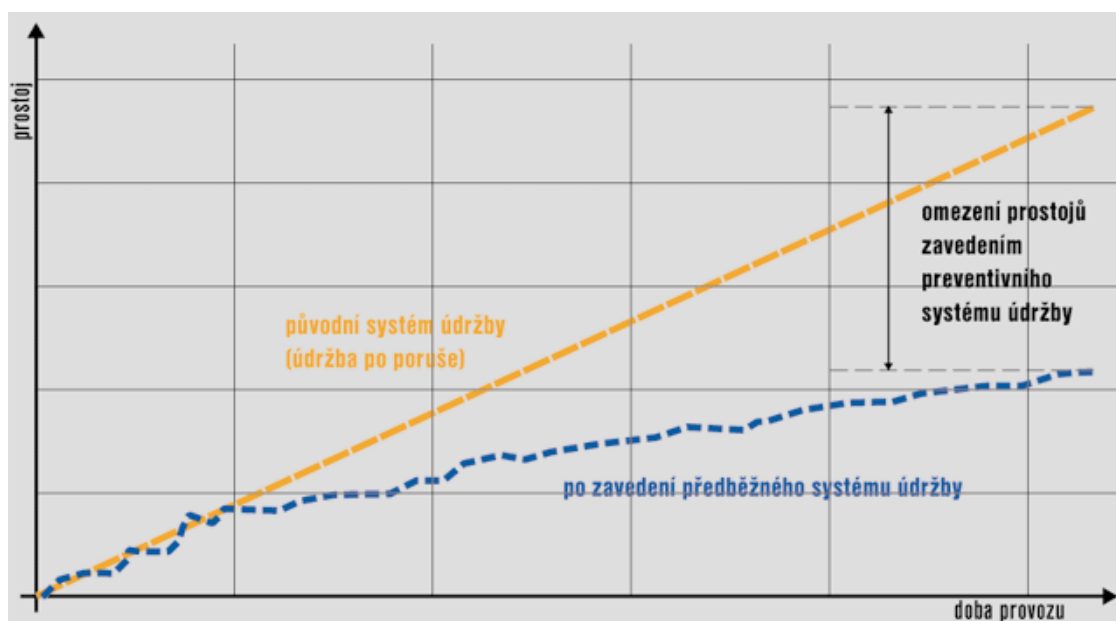
2.1. Údržba reagující na poruchy zařízení

Stroje pracují, dokud nedojde k poruše nebo škodě na zařízení, pak zasahuje oddělení údržby a odstraňuje ji. Platí zde přímá úměra mezi rychlostí reakce pracovníků a narušením kontinuity výroby.

Tento systém řízení údržby je zastaralý, a pokud chce být firma konkurenceschopná, nemůže si dovolit tento přístup k údržbě praktikovat. Hlavním cílem při zajišťování údržby je, aby se problémům předcházelo a ne je odstraňovat až potom, když nastanou. Jedinou možností je zavedení plánované údržby.

2.2. Plánovaná údržba

Plánovaná údržba znamená plánovanou preventivní, prediktivní nebo proaktivní údržbu. Tu provádí specialisté údržby ve spolupráci s operátory jednotlivých strojů. Plánovanou údržbou jsou preventivní inspekce, preventivní opravy a prediktivní prohlídky. Preventivní opravy se provádějí na základě zjištěných údajů v průběhu preventivních inspekcí a často se zaměřují na snížení pravděpodobnosti výskytu poruchy. [2]



Obr. 3 – Ukázkové porovnání údržby po poruše se systémem preventivní údržby [2]

2.2.1. Preventivní údržba

Je údržba stroje nebo zařízení, která se provádí podle časového plánu prohlídek. Provádí se před výskytem poruchy, aby se předešlo selhání. Zabezpečuje také vylepšení systému či předcházení chýtrání zařízení. Navrhuje se tak, aby zvyšovala a udržovala efektivní využití výrobních kapacit. Při preventivní údržbě je výhodou plánované odstavení, které vytváří technologické odstávky k řešení výrobních problémů v kompromisu s výrobou. [2]

Preventivní údržba sleduje hlavně tyto zásady prevence:

- Zachování normálních podmínek.
- Včasné odhalení abnormalit.
- Rychlá reakce.

Preventivní údržba je prováděna prostřednictvím prohlídek, renovací a oprav. Mezi hlavní činnosti, které se při prohlídce provádí, patří: Péče o běžné součásti a systémy (například mazání, seřizování), prohlídky, jež mají za úkol odhalit stavy, které by mohly vést k poruše, práce zahrnující opravy, výměny součástí a prvků.

2.2.2. Prediktivní údržba

Je způsob testování strojů, který se snaží najít chyby v rané fázi vývoje na základě diagnostických metod. Provádí se především bez nutnosti odstavení stroje, což je ekonomicky výhodné. Prediktivní údržba je postavena na tom, že využívá obecně známé a ověřené metody testování:

- Měření vibrací.
- Infračervená termografie.
- Analýza oleje na množství částic kovu.

Pomocí diagnostických prostředků dokážeme identifikovat problém i jeho možnou příčinu. Je možno pak navrhnout taková řešení, aby nedocházelo k opakování problémů, tím zabránit neplánovaným odstávkám a s tím souvisí i prodloužení životnosti stroje. Zvýšením spolehlivosti stroje se zvýší i celková kapacita podniku. Program prediktivní údržby je méně nákladný než údržba preventivní, která je založena na prohlídkách v určitých intervalech na základě času nebo počtu provozních hodin. [2]

Jedinými nevýhodami pro zavedení prediktivní údržby může být prvotní investice na zavedení tohoto programu, neboť velká část zařízení vyžaduje investice i přes milion korun. Zajištění proškolení odborného personálu je taktéž určitou investicí. Pokud ale program prediktivní údržby správně funguje, prvotní investice se zanedlouho vrátí. Uvádí se, že může zajistit úspory ve výši 8-12%. [3]

2.2.3. TPM

Jedná se o kontinuální proces, který se snaží zajistit maximální efektivnost výrobního systému. Metoda TPM byla vyvinuta Seiichim Nakajimou v Japonsku. Spojuje japonské koncepte komplexního řízení a managementu jakosti TQM s komplexním zapojením všech zaměstnanců a s praktikováním preventivní údržby.

TPM stojí na šesti základních pilířích:

- **Samostatná, autonomní údržba** – zahrnuje především práci operátorů nebo výrobních týmů při údržbě svého zařízení.
- **Plánovaná údržba** – je zaměřena na údržbáře a techniky, má společné prvky se samostatnou údržbou. Pokrývá celý životní cyklus strojů a zařízení.
- **Trénink pracovníků** – neustálé systematické proškolení pracovníků (výroby i údržby).
- **Metodika hladkých přejímek** – snaha o co nejmenší ztráty, když se zavádí nový stroj.
- **Zlepšování stavu strojního vybavení** – využití standardních procesů zlepšování (workshopy, prezentace, týmová práce, analýza) pro zlepšení výkonu strojů.
- **Analýza využití strojů** – činnosti strojů a zařízení, zjišťování kvality, hledání úzkých míst atd. [5]

Cíle TPM:

- Žádné neplánované prostoje.
- Žádné vady zapříčiněné stavem strojů.
- Žádné ztráty na rychlosti strojů – maximální využití jejich výkonu. [5]

2.2.4. TIM

Neboli totálně integrovaná údržba. Jedná se o nejvyšší stupeň údržby, zahrnuje TPM a je implementována do celkového řízení podniku. [5]

Systém totálně integrované údržby v sobě zahrnuje:

- Strojní evidenci vedenou na počítači.
- Promyšlené plánování oprav.
- Posuzování stavu a opotřebení strojního vybavení metodami technické diagnostiky.
- Snižování zásob materiálu, plánování nákupu na dobu, kdy je skutečně potřeba.
- Proškolení operátorů strojů z hlediska správné a šetrné obsluhy zařízení.
- Spolupráce s údržbáři při provádění údržby.
- Jednoduché údržbářské práce (čištění, mazání atd.) jako součást pracovní náplně operátora.
- Pravidelné rozборы provozních, zásobovacích a finančních výsledků.
- Kvalifikování pracovníků.
- Vytváření závěrů pro útvar údržby, obsluhu, metrologii atd.

3. Počítačové systémy v řízení údržby

Soubor organizačních, hmotných, časových, finančních údajů a pravidel k zabezpečení včasné, ekonomické a spolehlivé údržby.

V současné době se používá počítačového vybavení pro propojení všech struktur podniku, včetně údržby, do jednoho systému. Vedoucí pracovník tak získá účinný prostředek pro řízení, přístup ke všem informacím, na základě kterých se může rozhodnout. Archivace dat umožní sledovat zařízení a systémy, které jsou nadměrně nákladné, a zároveň může pomoci odhalit vliv lidského faktoru v systému údržby. [5]

Příklad softwarového vybavení v systému řízení a plánování údržby:

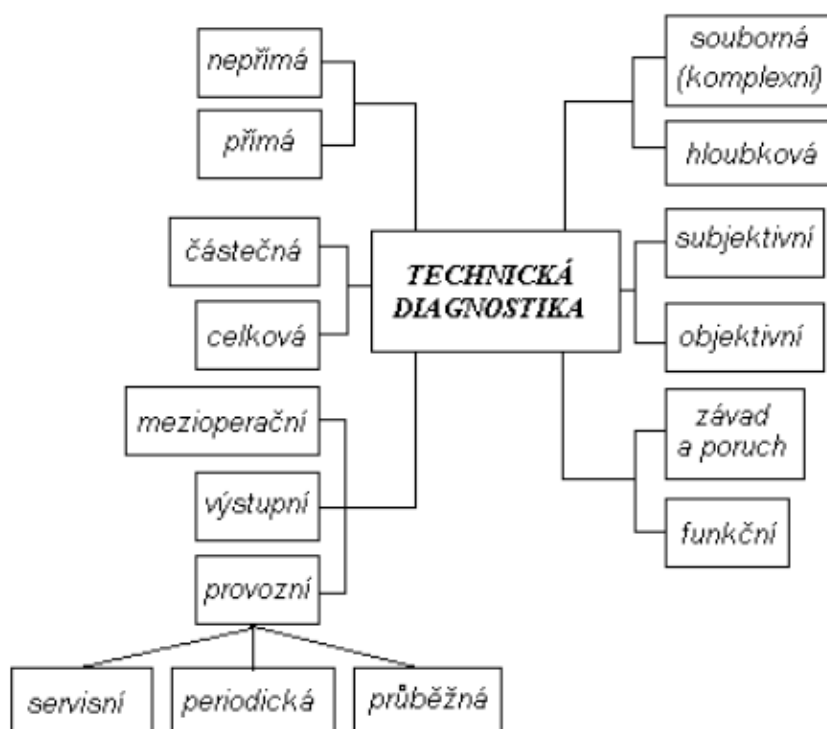
- ORACLE
- CAS
- SOPROZA, MOPEZ
- GTS
- SAP
- A – plus

3.1. Principy tvorby systémů

- Diferenciace – charakter, druhy oprav, využití.
- Proporcionalita
- Preventivnost – rozsah prací, opakovanost.
- Plánovitost – normy pracnosti, minimalizace prostojů, materiálové náklady.
- Interaktivnost – využití výpočetní techniky
- Komplexnost – kontrola jakosti, technického stavu zařízení, metody, stimulace, zabezpečení materiálem.
- Prediktivnost – systém předvídání s vazbou na řízení výrobních pracovišť.

4. Technická diagnostika

Rozvoj a snižování cen měřicích zařízení dostává diagnostiku stále více do popředí zájmů průmyslových podniků. Diagnostika úzce souvisí se spolehlivostí, jejíž teorie zabezpečuje bezporuchový chod jednotlivých systémů. Při podcenění této teorie pak dochází u některých systémů k nadměrným nákladům na údržbu, k častým opravám nebo i k předčasnému vyřazení z provozu. Pro zjišťování okamžitého reálného stavu spolehlivosti se pak využívá diagnostika, kterou v oblasti strojírenství nazýváme technickou. [6]



Obr. 4 – dělení technické diagnostiky

Technická diagnostika se zabývá bezdemontážními a nedestruktivními metodami zjišťování stavu strojů a zařízení, protože jen zařízení v dobrém stavu je schopno provádět svou funkci, na kterou je určeno.

Cíle:

- Prodloužení životnosti.
- Zvýšení spolehlivosti.
- Předvídání poruch, které díky tomu mohou být včas odstraněny.
- Snižování nákladů na servisní úkony a náhradní díly.
- Snižování promrhané energie.

Metody technické diagnostiky:

- Měření napěťových stavů.
- Měření krouticích momentů.
- Měření tahu a tlaku – síťová měření.
- Měření zrychlení a otáček.
- Korozivní úbytky a tloušťka stěn.
- Měření teplot.
- Měření pomocí ultrazvukových diagnostických systémů.
- Měření hlavních elektrických veličin.
- Měření geometrie.
- Analýza stavu maziv.

4.1. Diagnostické prostředky

Do diagnostických prostředků patří technická zařízení jako například snímače a pracovní postupy pro analýzu a vyhodnocení zkoumaného objektu.

Diagnostické prostředky se dělí na:

- Vnitřní – jsou to taková diagnostická zařízení, která jsou zabudována přímo do zkoumaného objektu. Je to výhodné, když je diagnostika prováděna často a také proto, že se nezasahuje do chodu diagnostikovaného objektu.
- Vnější – zařízení jsou oddělena od diagnostikovaného objektu. Používají se tehdy, když je zařízení určeno pro diagnostikování více objektů

Obě metody je výhodné kombinovat, protože vnitřní diagnostika je rychlejší, ale vnější je přesnější, co se týká lokalizace místa poruchy. [6]

4.2. Diagnostické systémy

Patří sem diagnostické prostředky, obsluha a diagnostikované objekty. Podle způsobu měření a vyhodnocování dat se dělí systémy na:

- On-line – Diagnostikovaný objekt je trvale připojený a vyhodnocuje se za provozu, včetně například mezních stavů.
- Off-line – Během diagnostikování je objekt mimo běžný provoz (nevyrábí), tím lze diagnostikovat i takové stavy, které se při normálním provozu neprojeví. Data se většinou naměří a uloží do přenosných zařízení.

4.3. Vibrodiagnostika

Každý stroj je za provozu doprovázen vibracemi, které odrážejí jeho vnitřní vazby, stavy a spojení s okolím. Vibrace jsou vhodnými diagnostickými signály pro komplexní informace o stavu, jelikož vibrační diagnostika je velice propracovaná metoda. Mimo informací o stavech jednotlivých dílů, umožní vibrační diagnostika přesně lokalizovat i místo a příčinu poruchy. Vibrace rotujících částí jsou úzce spojeny s dynamickým namáháním, které souvisí se stavem ložisek, opotřebením součástí, nesouosostí, mechanickým uvolněním atd. [7]

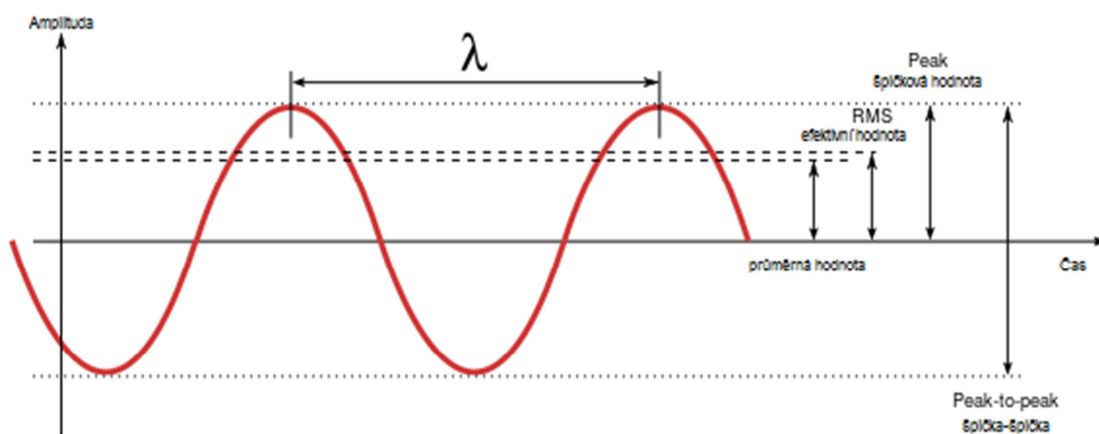
Monitorování a vyhodnocení tak patří k základním a rozhodujícím metodám technické diagnostiky.

4.3.1. Vibrace

Způsobují je rotační, ale i přímočaře se pohybující tělesa. Jsou definovány jako dynamický jev, při kterém dochází k vratnému pohybu hmotných nebo tuhých těles kolem rovnovážné polohy. Popisují se amplitudou a fází. Z důvodu tuhosti mechanických systémů, dochází při kmitání ke vzniku vln. Vlna se šíří prostředím a přenáší energii, poloha prostředí je neměnná. [8]

Dělení vibrací:

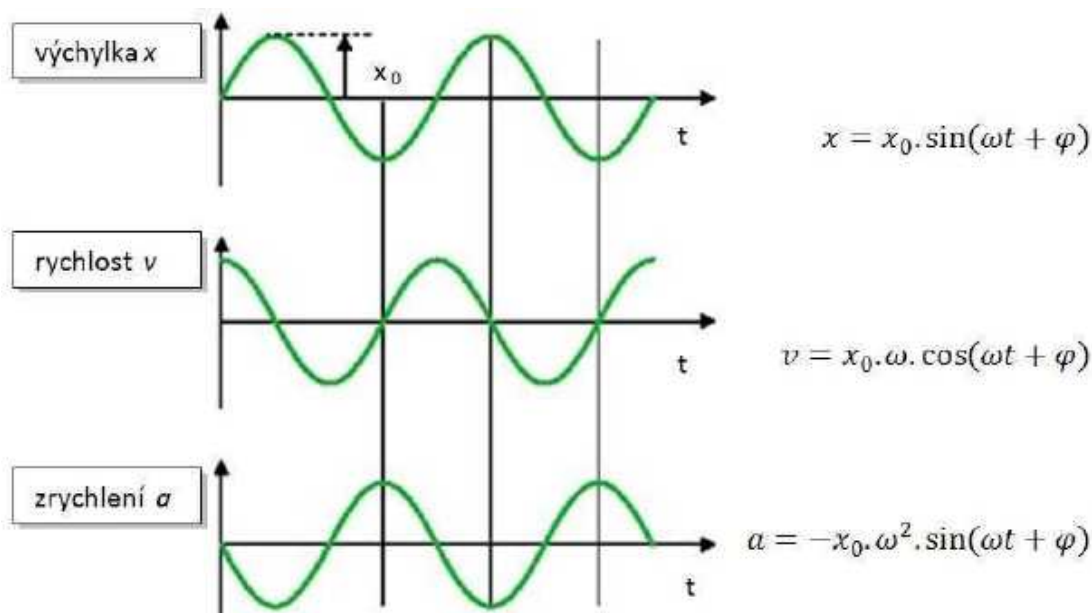
- Periodické – opakující se časový průběh diagnostických veličin.
 - Harmonické – periodické kmitání obsahující jedinou frekvenci.
- Neperiodické – kmity se neopakují v určitém časovém intervalu.
- Náhodné – průběh kmitů se nikdy přesně neopakuje.
- Absolutní – pohyb tělesa je vztahován ke gravitačnímu poli Země.
- Relativní – pohyb tělesa je vyhodnocován vůči zvolenému reálnému bodu.



Obr. 5 – ideální harmonický pohyb [9]

Veličinami, které určují harmonické vibrace, jsou:

- Zrychlení – měření pomocí akcelerometrů.
- Rychlost – měří se jako rychlost změny výchylky signálu.
- Výchylka – změna vzdálenosti či polohy objektu vzhledem k referenční rovině.

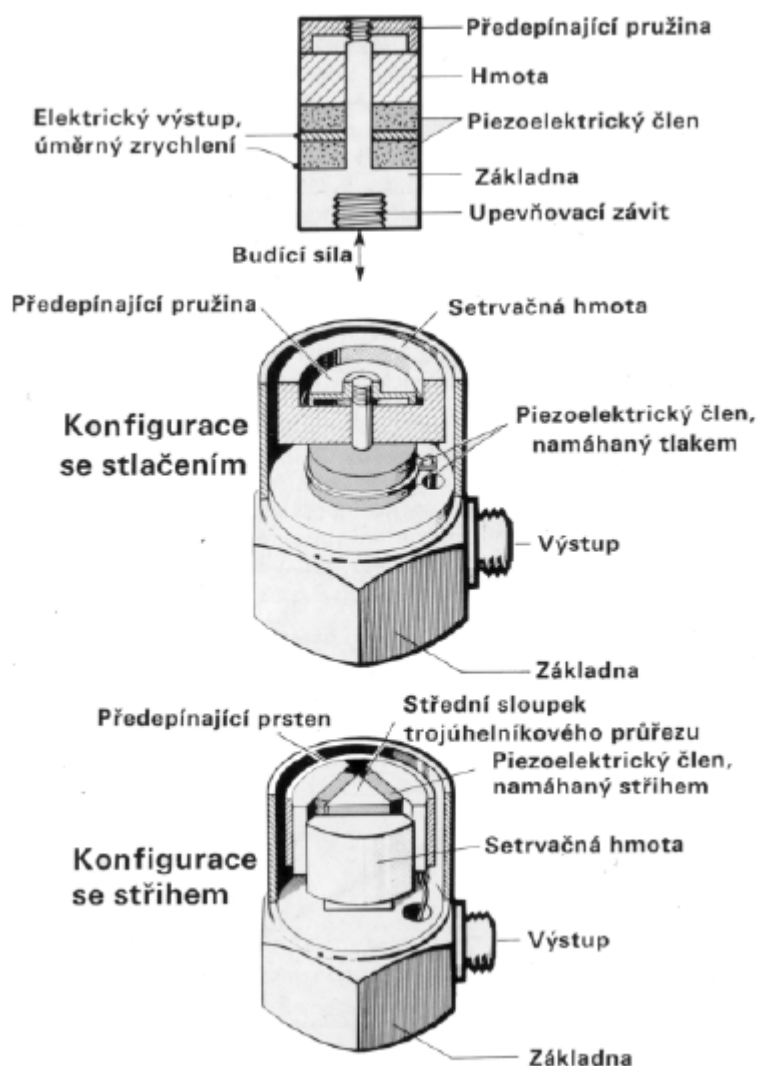


Obr. 6 – průběh veličin určujících vibrace [9]

4.3.2. Snímače pro měření vibrací

- **Snímače zrychlení - akcelerometry** – Nejčastěji používané snímače, převážně na piezoelektrickém principu. Lze s nimi měřit jak akceleraci, rychlost (integrací akcelerace), tak i výchylku (integrací rychlosti). Umísťují se na nerotační části stroje. Výhody: Mohou měřit i za vysokých teplot, v silných elektromagnetických polích, možnost umístění na malou plochu, rozsah až do 20 kHz. Nevýhody: Vyšší pořizovací cena, výstupní signál se musí zesilovat – nutnost použití napájecího zdroje. [9]
- **Snímače rychlosti** – Pro snímání rychlosti se dají použít akcelerometry, jejichž výstupní signál se integruje nebo elektrodynamický senzor, který v sobě obsahuje cívku, která v důsledku vibrací kmitá v poli permanentního magnetu. Výhody: Cena, malý vnitřní odpor, nepotřebuje napájení. Nevýhody: Omezení horního kmitočtu, ovlivnění cizím magnetickým polem.

- **Snímače výchylky** – Patří sem bezdotyková sonda, která se řadí mezi snímače relativní výchylky. Výstup je přímo úměrný relativní výchylce vibrací. [8]



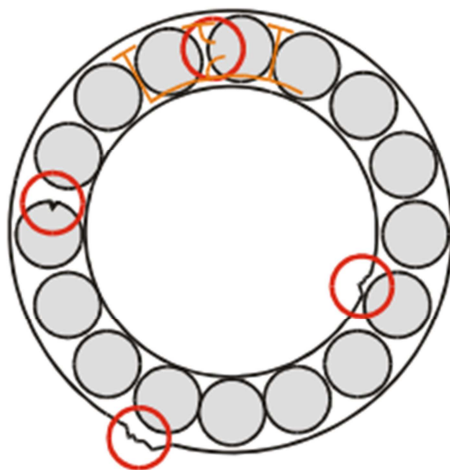
Obr. 7 – uspořádání piezoelektrických akcelerometrů [8]

4.3.3. Uchycení snímačů

- Pevný šroubový spoj – nedochází ke snížení rezonanční frekvence.
- Izolovaný šroubový spoj – mírně snížená rezonanční frekvence, asi na 28 kHz.
- Přilepení tuhým lepidlem – snížení rezonanční frekvence asi na 28 kHz.
- Přilepení měkkým epoxidem – snížení rezonanční frekvence na 8 kHz.
- Připevnění permanentním magnetem – snížení rezonanční frekvence na 7 kHz.
- Ruční sonda se snímačem – snížení rezonanční frekvence na 2 kHz.

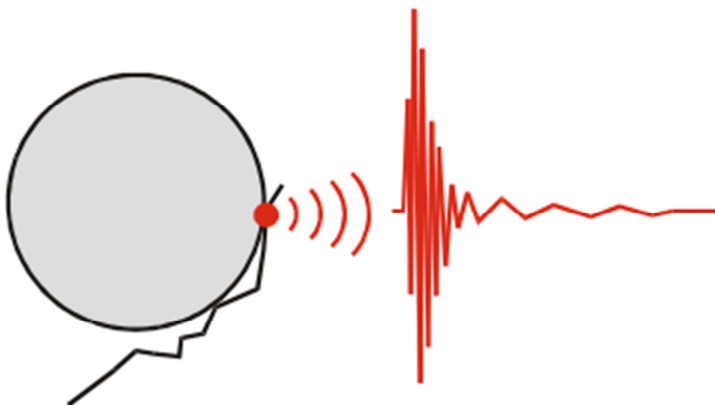
4.3.4. Vibrační analýza ložisek

Funkcí valivého ložiska je přenášet zatížení pomocí valivých elementů (kuliček, válečků atd.). Poškození ložiska vzniká obvykle odlupováním části materiálu z vnitřního, vnějšího kroužku, valivých elementů nebo vadou klece ložiska. [7]



Obr. 8 – schématické znázornění poškození ložiska [7]

V případě poškození je valivý pohyb válečků nebo kuliček narušen a dochází k dynamickému rázu, důsledkem je signál, který se šíří celým strojem až do místa, kde jsme ho schopni zachytit a vyhodnotit.



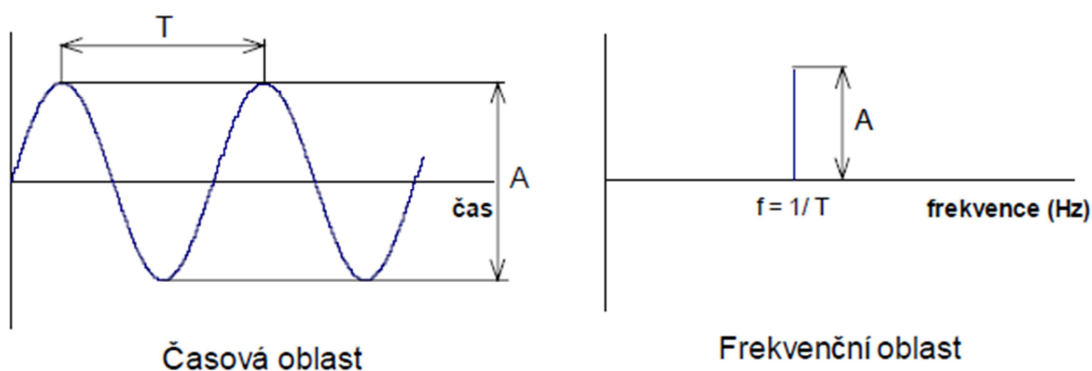
Obr. 9 – dynamický ráz [7]



Obr. 10 – série rázů při průchodu valivého elementu přes poškození [7]

4.3.5. Vyhodnocení signálu

- V časové oblasti – vyhodnocuje se celkové kmitání nebo časový průběh signálů. Naměřená hodnota celkového kmitání se porovnává s hodnotou, kdy byl stroj v pořádku. Diagnostika celkového kmitání je standardní metoda, je levná, ale neumožňuje lokalizovat příčinu kmitání stroje. Kmitání se měří na ložiskových víkách při jmenovitých otáčkách stroje. [8]
- Frekvenční analýza – odstraňuje nevýhody vyhodnocování v časové oblasti. Je možno lokalizovat vznikající poruchy a rozlišit závady na rotujícím stroji (ložiska, nevyváženost, ozubená soukolí atd.). [7] [8]

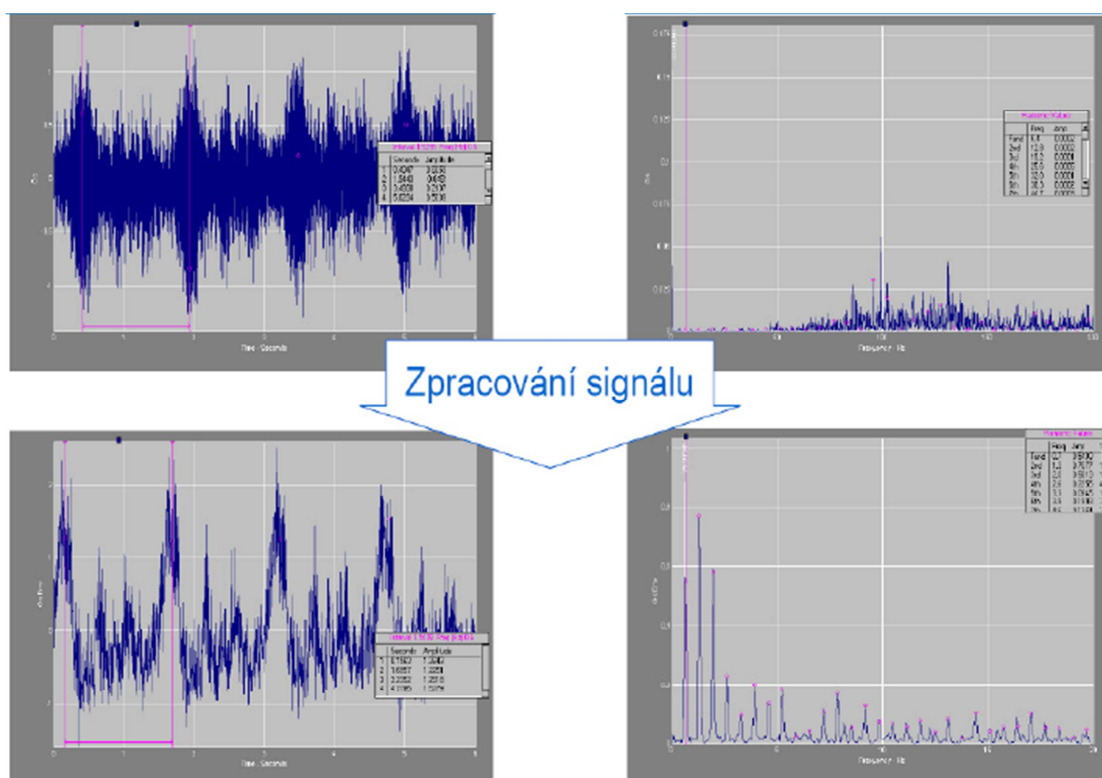


Obr. 11 – převod signálu z časové do frekvenční oblasti [8]

Do cesty signálu je vložen širokopásmový filtr, který odfiltruje jen frekvence, které jsou pro měření potřeba. Standardně to bývá 5-15kHz. Analogový signál se převede na digitální, zobrazí se, a pro tento signál se vyhodnotí efektivní a špičková hodnota.

Špičková hodnota určuje vzdálenost (výkmit) mezi nulovou úrovní a vrcholem vlny. Efektivní hodnota je porovnání energií stejnosměrného a střídavého proudu, je odvozena matematickou cestou. Efektivní hodnota ideální sinusové křivky je 0,707 ze špičkové hodnoty.

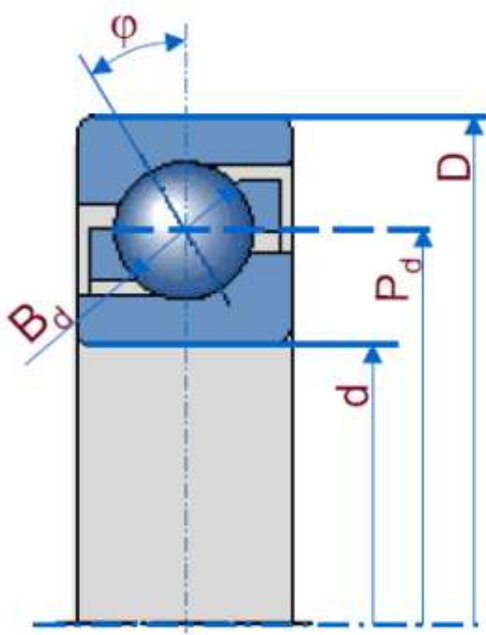
Alternativní metodou vyhodnocení signálu, ideální pro zkoumání ložisek, je **obálková metoda**. Výhodou je odfiltrování signálů nízkých kmitočtů souvisejících s otáčkami a zvýraznění periodických rázových signálů, které se projevují ve frekvenční oblasti a jsou příznačné pro defekty ložisek. Touto metodou odhalíme i vibrační signály s nízkou energií, které by byly jinak „ztraceny“ v šumu. [9]



Obr. 12 – zpracování signálu obálkovou metodou [9]

U ložisek lze lokalizovat přesné poškození na základě jejich charakteristických poruchových frekvencí, které se vypočítají z vnějšího a vnitřního průměru kroužku, průměru kuličky nebo válečku, roztečného průměru a úhlu styku valivého elementu se stěnou kroužku.

- BPFO – poškození vnějšího kroužku = $\frac{n}{2} \cdot \frac{RPM}{60} \cdot \left(1 - \frac{B_d}{P_d} \cdot \cos\beta\right)$
- BPFI – poškození vnitřního kroužku = $\frac{n}{2} \cdot \frac{RPM}{60} \cdot \left(1 + \frac{B_d}{P_d} \cdot \cos\beta\right)$
- BSF – poškození valivých elementů = $\frac{P_d}{2B_d} \cdot \frac{RPM}{60} \cdot \left[1 - \left(\frac{B_d}{P_d}\right)^2 \cdot \cos^2\beta\right]$
- FTF – poškození klece = $\frac{1}{2} \cdot \frac{RPM}{60} \cdot \left(1 - \frac{B_d}{P_d} \cdot \cos\beta\right)$



n - počet kuliček

B_d - průměr kuličky

P_d - průměr roztečné kružnice

φ - stykový úhel

Obr. 13 – veličiny pro výpočet frekvence [9]

5. Analýza současného stavu řízení údržby a diagnostiky ve firmě Koyo

Koyo je moderní japonskou firmou, jde v duchu japonské filosofie, a proto má zavedeny systémy jako TPM, systém neustálého postupného zlepšování Kaizen, 5S a plán preventivních i prediktivních prohlídek strojního vybavení.

Jako počítačový systém pro řízení údržby je využíván software A – Plus se svými moduly.

V roce 2000 došlo k založení společnosti Torrington, spadající do nadnárodní korporace Ingersoll Rand Company. O rok později došlo k transferu výroby jehličkových a válečkových ložisek ze sesterského závodu v německém Künsebecku. V roce 2003 došlo k akvizici skupiny Torrington nadnárodní korporací The Timken Company. V průběhu následujících tří let byl dokončen výrobního procesu na výrobu kladek do dieselových motorů, transferována výroba z francouzského závodu Vierzon a započalo se s projektem výroby pro nového zákazníka Renault. Posledním velkým milníkem v historii firmy bylo odkoupení divize válečkových a jehličkových ložisek nadnárodní korporací JTEKT Corporation. [10]



Obr. 14 – olomoucký závod Koyo [10]

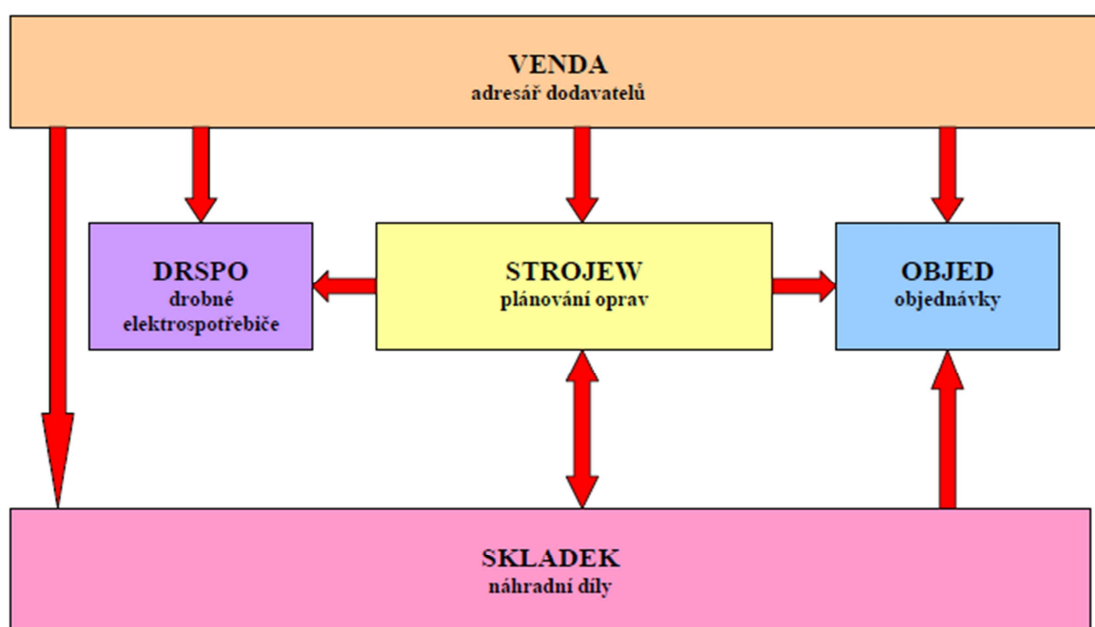
Závod v Olomouci byl postaven v roce 2001 na zelené louce. Investovalo se do něj 865 miliónů korun. Výrobní program je zaměřen na výrobu válečkových, jehličkových a axiálních ložisek a kladek do dieselových motorů určených nejen pro automobilový, ale i strojírenský průmysl. Mezi hlavní zákazníky olomouckého závodu patří VW, Audi, VOLVO, Renault, PSA PEUGEOT CITROËN, SCANIA, ZF, BOSCH a další. Výrobní závod je certifikován dle ISO TS 16949, ISO 14001 a ISO 18001. V současné době zaměstnává asi 400 pracovníků. [10]

5.1. Software pro řízení a plánování údržby: A – plus

Jedná se o programové vybavení pro plánování a řízení údržby. Hlavním modulem pro řízení a plánování je STROJEW, software obsahuje i další moduly pro nezbytné činnosti v plánování strojní údržby. [11]

- Sledování náhradních dílů – SKLADEK
- Sledování objednávek – OBJED
- Evidence drobných elektrospotřebičů – DRSP0
- Centrální evidence dodavatelů – VENDÁ
- Monitorování závad - PORUCHY

Programovacím jazykem je Microsoft Visual FoxPro 5.0 a 7.0.



Obr. 15 – vazby modulů údržby [11]

Program pro plánování a řízení údržby umožňuje sledování činnosti pracovníků údržby a plánovaných i neplánovaných oprav. Umožňuje plánování běžných, středních i generálních oprav, preventivních prohlídek a revizí. Lze zobrazit historii oprav pro jednotlivé stroje, včetně mzdových i materiálových nákladů a rozbohem příčin poruchovosti.

Základ programu je tvořen databází s jednotlivými stroji se záznamy o provedených opravách. U každého stroje jsou mimo jiné i údaje o roku pořízení, rozměrech, hmotnosti, inventárním čísle, směnnosti, poslední opravě, plánované opravě atd.

U oprav se sledují údaje jako jméno opraváře, datum, čas opravy, textový popis o provedení opravy, příčině závady, použité náhradní díly, mzdové a materiálové náklady atd.

Obr. 16 – zápis opravy [11]

Do programu je možno zahrnout metodiku a schémata preventivních prohlídek a následně je přiřadit k jednotlivým strojům jako součást dokumentace. Jedna z funkcí programu je rozsáhlá možnost vyhodnocení finančních i časových ztrát, opravárenských nákladů, prostojů. Jako výstup z programu slouží rozsáhlá možnost nastavení tiskových sestav. Obsahuje evidenci, údaje o strojích, provedené opravy, časový harmonogram plánů oprav.

Obr. 17 – karta preventivní prohlídky [11]

Na předchozí program (STROJEV) navazuje modul pro hlášení poruch strojů PORUCHY. Tyto programové moduly jsou instalovány na počítačích ve výrobě a na oddělení údržby. Pokud se vyskytne na nějakém stroji porucha či závada, operátor stroje o ní dá vědět pracovníkům údržby prostřednictvím tohoto modulu a může přidat i krátký popis, čeho se porucha týká. Informace se zobrazí na počítačích údržby a zároveň se zapíše do evidence poruch, aby mohla být později vyhodnocena. Po ukončení opravy pracovníkem údržby se do evidence poruch zapíše i doplňkové údaje jako informace o prostoji stroje, délce opravy atd.

SFC OLO

Akce Úpravy Dotaz Přejít Složka Zvláštní Nápořádá

Zahajit cinnost

os.cis.zamestnanec stroj od do cinnost aktualni stav stroje novy stav stroje

1339 Doubravský 09.05.12 06:26:25

vyrobni prikaz polozka operace linka dostupne mnozstvi

Ulozit Zrusit Odstranit

Obr. 18 – hlášení poruchy nebo závady

TOROLOSFCMST

Akce Úpravy Dotaz Přejít Složka Zvláštní Nápořádá

Podminky dotazu

linka stav stroje stroj detail interval opakovani (min) 3 Vyhledej

-vsechny -udrzba -vsechny

linka	dilna	stroj	stav	TPM	od	trvani (hod)
TURNING+ASSE	DokenOper	RZ	před opravou		04.05.12 13:04:05	113.3
TURNING+ASSE	DokenOperOsaz	MP10	připraven po výrobě		07.05.12 21:58:04	32.4
TURNING+ASSE	KaleníOLO	P1	připraven po výrobě		05.05.12 05:30:29	96.9
TURNING+ASSE	Osaz	MV1	připraven po výrobě		04.05.12 21:48:40	104.6
TURNING+ASSE	Osaz	MV10A	výroba		09.05.12 05:59:49	.4
TURNING+ASSE	Osaz	MV11B	připraven po výrobě		27.04.12 04:10:14	289.7
TURNING+ASSE	Osaz	MV0	připraven po opravě		02.05.12 13:56:18	160.4
GRINDING	BrousCel	A6	oprava poruchy - mechanická		26.03.12 10:33:37	1051.8
GRINDING	BrousLnk	J3	oprava poruchy - mechanická		03.05.12 09:14:11	140.6
GRINDING	BrousLnk	J3G0	oprava poruchy - mechanická		03.05.12 09:43:34	140.6

Detaily

os.cis.zamestnanec od do vyrobni prikaz operace polozka popis poruchy

738 Doubravský 15.06.11 21:34:06 15.06.11 21:52:29

1079 Tesar Antoni 15.06.11 19:52:09 15.06.11 22:14:18

Obr. 19 – seznam poruch a závad zobrazený na oddělení údržby

Dalším nepostradatelným modulem pro evidenci náhradních dílů je SKLÁDEK. Modul je propojen s plánováním údržby, a tak jsou automaticky odepisovány náhradní díly, které se použijí pro opravu stroje. Program hlídá i minimální skladové zásoby jednotlivých náhradních dílů a spolupracuje s modulem pro jejich objednávání.

Skladové číslo	Název	Typ dílu	Stav	Sklad	Regál	Buněk
1	regulátor tlaku FESTO MS4-LFR-1/4	regulátor tlaku,pneu	2.00	Regál	A	1/2
10	odkalovač MS6-LFM-1/4-ARM	odkalovač_filtr,pneu	0.00	Regál	A	1/3
100	klinový řemen 8x580	klinový řemen	5.00	Regál	E	3/3
1000	manometr 0-1bar,průměr 60mm,SP G1/4"	manometr,tlakoměr	7.00	Megalift	60	0
1001	manometr 0-4bar,průměr 60mm,ZP G1/4"	manometr,tlakoměr	2.00	Megalift	60	0
1002	manometr 0-10bar,průměr 60mm,SP G1/4"	manometr,tlakoměr	2.00	Megalift	60	0
1003	manometr 0-6bar,průměr 60mm,ZP G1/4"	manometr,tlakoměr	6.00	Megalift	60	0
1004	manometr glycerinový 0-400bar,průměr 60mm,ZP G1/4"	manometr,tlakoměr	3.00	Megalift	60	0
1005	manometr SK 0-6bar,SP G1/8"	manometr,tlakoměr	2.00	Megalift	60	0
1006	regulační ventil MESSER LG2000NG	regulační ventil	1.00	Megalift	62	0
1007	plynový elektromagnetický ventil VG15R03NT61D	elektromagnetický v	1.00	Megalift	62	0
1008	zapalovač TZI 7,5-12/100W	zapalovač	1.00	Megalift	62	0
1009	regulátor tlaku GDU15R04-0	regulátor tlaku	1.00	Megalift	62	0
101	klinový řemen 10x610 Li	klinový řemen	2.00	Regál	E	3/3
1010	manometr podtlakový 0-1bar,průměr 60mm,ZP G1/4"	manometr,tlakoměr	8.00	Megalift	60	0
1011	manometr glycerinový 0-6bar,průměr 100mm,SP G1/2"	manometr,tlakoměr	2.00	Megalift	60	0
1012	manometr se spínačem 0-6bar,průměr 100mm,SP G1/2"	manometr,tlakoměr	2.00	Megalift	62	0
1013	redukční ventil s manometrem GRACO 0-4bar	manometr,tlakoměr	1.00	Megalift	62	0
1014	plynový filtr GFK15R10-4 (max 4bar)	filtr,pneumatika	1.00	Megalift	62	0
1015	plynový elektromagnetický ventil VG8R05T6	elektromagnetický v	2.00	Megalift	62	0
1016	teplotní regulátor MESA MS-32/ADM (100/240VAC)	teplotní regulátor	1.00	Megalift	62	0
1017	plynový ventil BURKERT 0256,0-0,5bar,G1/2"	ventil,pneumatika	1.00	Megalift	62	0
1018	manometr 0-1bar,průměr 60mm,SP G1/4"	manometr,tlakoměr	4.00	Megalift	60	0
1019	manometr glycerinový 0-2,5bar,průměr 60mm,SP G1/4"	manometr,tlakoměr	2.00	Megalift	60	0
102	klinový řemen 10x730 Li	klinový řemen	2.00	Regál	E	3/3
1020	manometr P505 0-1bar,průměr 60mm,G1/4"	manometr,tlakoměr	2.00	Megalift	60	0
1021	manometr 0-60bar,průměr 60mm,SP G1/4"	manometr,tlakoměr	1.00	Megalift	60	0

Obr. 20 – seznam náhradních dílů

Pro sledování objednávek a kontrolu jejich plnění slouží modul OBJED. Tiskne plán finančních potřeb na základě evidovaných požadavků.

Evidenci dodavatelů spravuje modul VENDÁ. Dodavatele lze zapisovat i hodnotit.

Pro potřeby evidence a plánování revizí drobných elektrospotřebičů slouží modul DRSPÓ. Spolupracuje s programem pro plánování oprav a využívá jeho seznam strojů.

5.2. Diagnostické prostředky

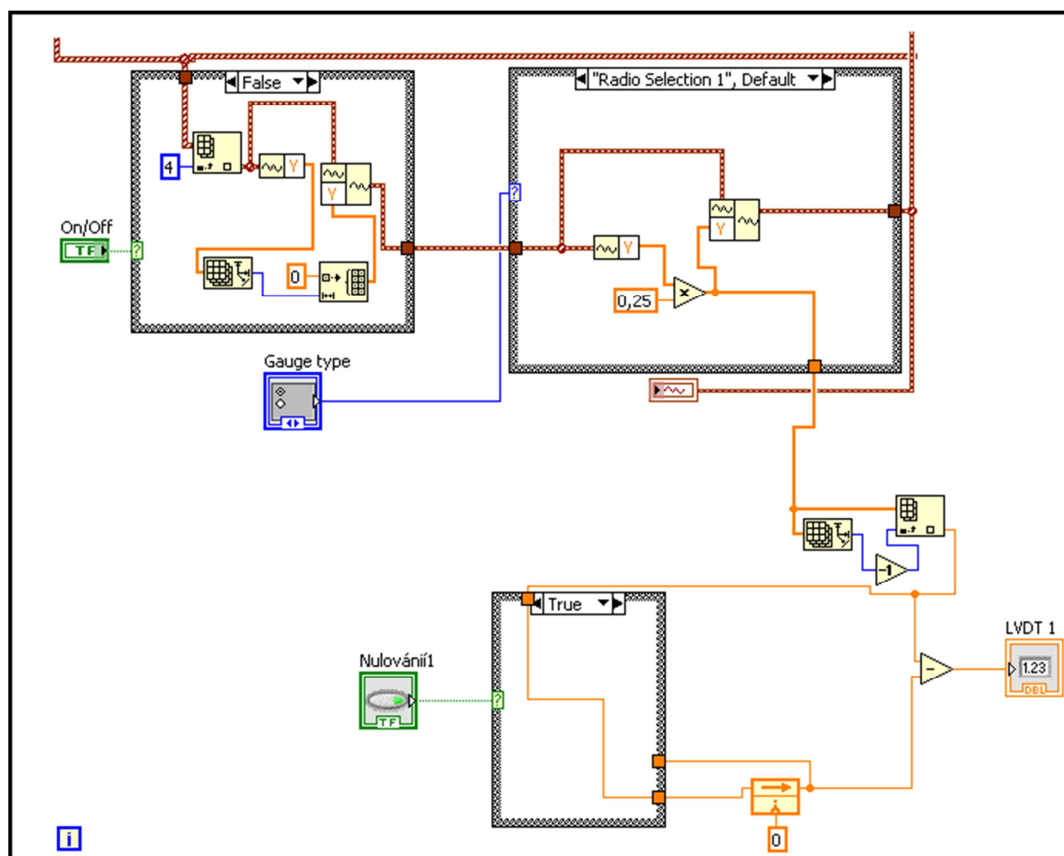
Softwarovým vybavením pro měření je grafické vývojové prostředí National Instruments LabVIEW s vlastní vyvinutou aplikací pro potřeby firmy. Pro vyhodnocování naměřených dat je použit program LabVIEW Signal Express a Microsoft Excel.

LabVIEW

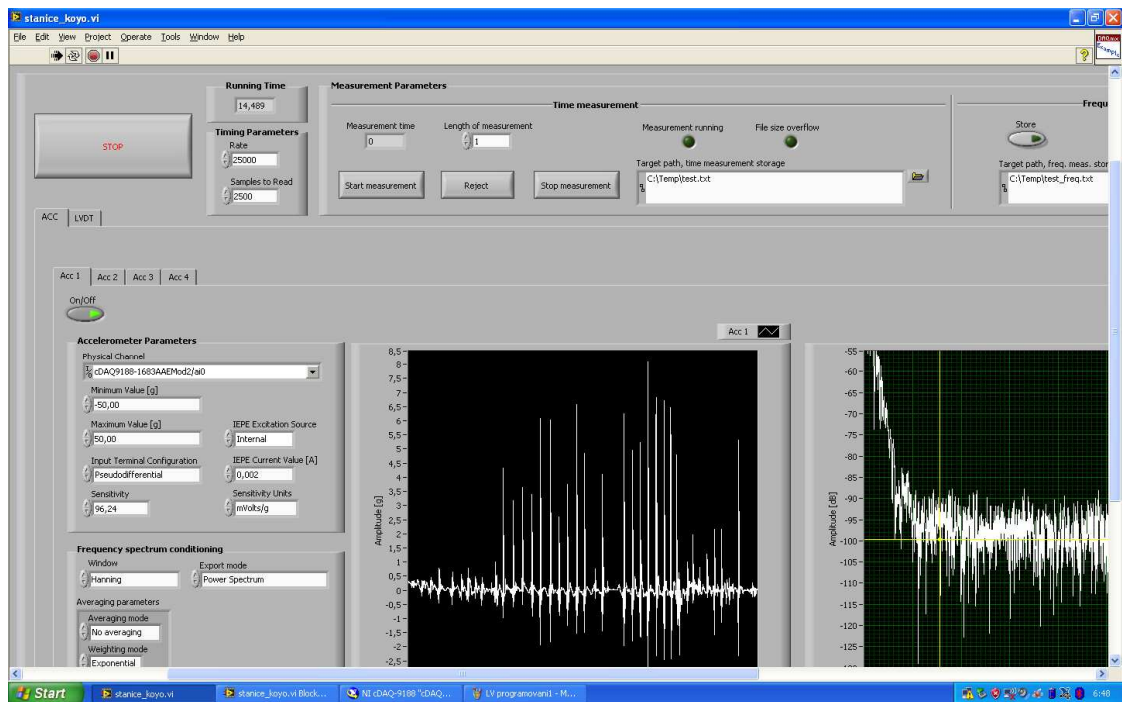
Univerzální vývojové prostředí pro testovací, měřicí a řídicí aplikace. Pro vytváření či úpravu aplikací se používá takzvaný grafický programovací jazyk. Má tu výhodu, že si jej i lidé, kteří nikdy neprogramovali, rychle osvojí.

Hardware tvoří:

- Notebook Lenovo T400 s měřicí aplikací.
- 3 LVDT sondy se zdvihem 10 mm, respektive 25 mm a stupněm krytí IP68 pro ochranu před stříkající emulzí za chodu stroje.
- Zdroj napájení pro LVDT sondy.
- 2 akcelerometry s magnetickým uchycením.
- NI CompactDAQ pro sběr dat.



Obr. 21 – grafické programování v LabVIEW



Obr. 22 – měřící aplikace



Obr. 23 – hardware

6. Posouzení současného stavu

Posouzení diagnostických prostředků:

Použití LabVIEW jako diagnostického softwaru poskytuje diagnostikovi v měření téměř neomezené možnosti. Na rozdíl od jednoúčelových zařízení pro měření vibrací, umožňuje tento software + hardware komplexní měření různých vlastností na téměř jakémkoliv obráběcím stroji. Nejen, že je možno upravit měřicí a vyhodnocovací aplikaci podle svého uvážení, ale diagnostik může vytvářet i zcela nové, pro maximální efektivitu své práce, například aplikaci pro vyvažování atd.

Jako jediná nevýhoda by se mohla zdát vyšší pořizovací cena a nároky kladené na kvalifikovanost obsluhy v porovnání s jednoúčelovými měřicími přístroji.

Posouzení integrace diagnostiky do systému řízení údržby:

Systém plánování a řízení údržby A-plus byl upravován a instalován dle konkrétních tehdejších požadavků firmy. V té době ale ještě nebyl zaměstnán žádný diagnostik, neexistoval žádný plán prediktivních prohlídek a ani se neprovádělo žádné diagnostické měření na strojích, například zjišťování způsobilosti. Citelně v něm chybí nějaký programový modul, který by zaštiťoval diagnostiku jako takovou. Současné reporty z prediktivních prohlídek jsou hlášeny tak, že se technická zpráva o měření umístí do příslušné složky na sdílený disk a tam k ní má vedení přístup. Pokud dojde při měření ke zjištění nějakého výstražného či nepřípustného stavu, hlásí se tato skutečnost i vedoucímu údržby.

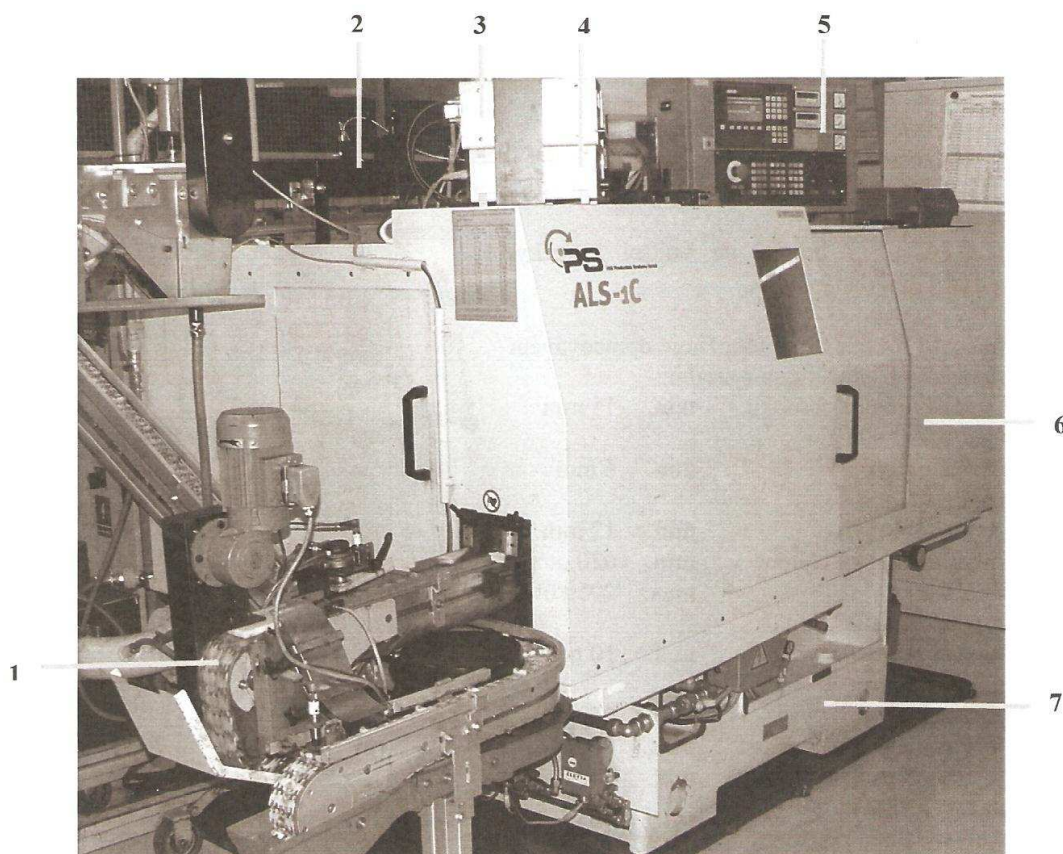
Z dosavadních zkušeností ale plyne, že tento systém je nedostatečný. I přes reportování zpráv o nepřípustném stavu nedocházelo v průběhu několika měsíců k žádné opravě a stroj dospěl až do stavu poruchy a muselo dojít k jeho odstavení, což je neekonomické a systém prediktivních prohlídek tak postrádá svůj smysl.

7. Posouzení diagnostiky v řízení údržby

Žádný moderní podnik si nemůže dovolit mít pouze takový systém údržby, který reaguje na poruchy zařízení. Pokud si chce zachovat konkurenceschopnost snížením nákladů na údržbu strojního vybavení a minimalizací prostojů z důvodu poruch, musí do svého systému zavést nějakou formu diagnostiky strojního vybavení.

Řízení a plánování údržby ve firmě Koyo má, mimo jiné, nastaveno systém prediktivních prohlídek na strategických bruskách pro broušení vnitřního průměru ložiskových kroužků.

7.1. FAG ALS1 CNC – automatická vnitřní bruska



Obr. 1.1 Celkový pohled

1. Výstupní pás obrobků
2. Vstupní pás obrobků
3. Měřicí přístroj Steinmeyer OFD
4. Frekvenční a napěťový měnič pro orovnávací vřeteno
5. Obslužný panel
6. Vnější ochranné krytování
7. Rám stroj

Obr. 24 – bruska pro broušení vnitřního průměru [12]

Užití stroje:

Je určena pro zápichové a oscilační broušení oběžných drah jednořadých nebo dvouřadých valivých ložisek.

Pracovní cyklus je zcela automatický včetně nakládání a vyjímání broušených součástí. Jednotlivé fáze cyklu lze seřadit v širokém rozsahu.

Rozměr broušeného otvoru určuje poloha orovnávacího diamantu. Jednoduché seřizování a ovládání je umožněno použitím elektronického, volně programovatelného řídicího systému Siemens Sinumerik.

Stoly a vřetena jsou valivě uložené s vysokou tuhostí a přesností zajišťující lehkost chodu a přesnost pracovního cyklu.

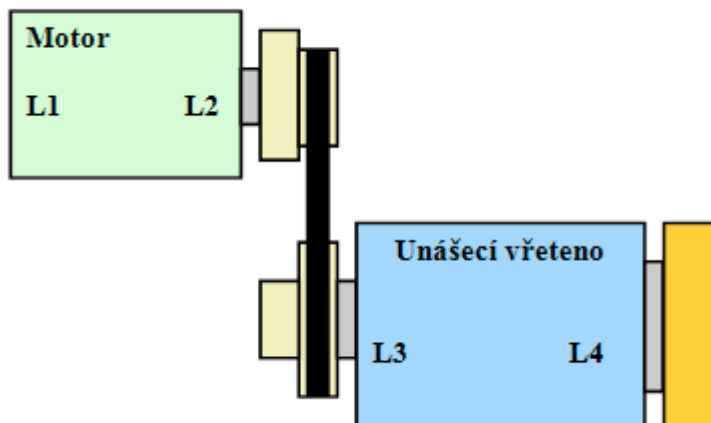
Přísuv stolu unášecího vřeteníku i jeho další pohyby (kompenzace úbytku brusného kotouče, zpětné natočení, přísuvů, nájezd a odjezd do orovnávací polohy, přiskok a odskok ze zápichu) jsou prováděny kuličkovým šroubem poháněným AC pohonem. Pohyb stolu brusného vřeteníku (oscilaci, přísuv, nastavení do brousící, orovnávací a nakládací polohy) je prováděn taktéž kuličkovým šroubem poháněným AC pohonem.

Orovnání brusného kotouče může být zařazeno uprostřed nebo na konci pracovního cyklu, případně po více pracovních cyklech. Brusný kotouč může být orovnáán válcově, rádiusově, nebo tvarově pomocí interpolace.

Stroj je vybaven zařízením, které zastaví chod stroje při dosažení minimálního průměru kotouče. Při velkém průměru kotouče probíhá orovnání tak dlouho, až je dosaženo nastavené hodnoty nominálního průměru.

7.2. Příklad prediktivní prohlídky

Prediktivní prohlídka stanovuje sledování trendu opotřebení ložisek pracovního vřeteníku a motoru jeho pohonu ve čtvrtletních intervalech.

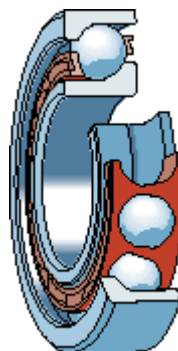


Obr. 25 – půdorysné schéma pracovního vřeteníku a motoru s vyznačením měřících bodů

Otáčky motoru: 2965 U/min

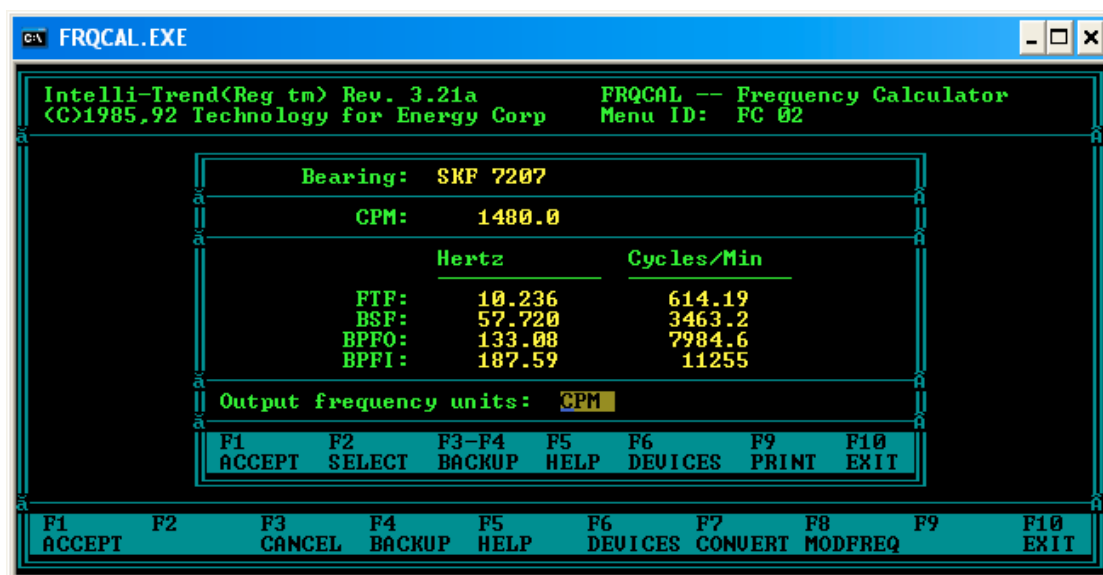
Otáčky pracovního vřeteníku: 1480 U/min

Použitá ložiska pracovního vřeteníku: SKF 7207, axiální ložisko 81 112 TN



Obr. 26 – Ložisko s kosoúhlým stykem [13]

Jednořadá kuličková ložiska s kosoúhlým stykem mohou přenášet axiální zatížení pouze v jednom směru. Při zatížení radiálními silami působí v ložisku i síla axiální, která musí být zachycena. Proto musí být ložisko montováno v páru proti druhému ložisku.



Obr. 27 – výpočet poruchových frekvencí ložiska

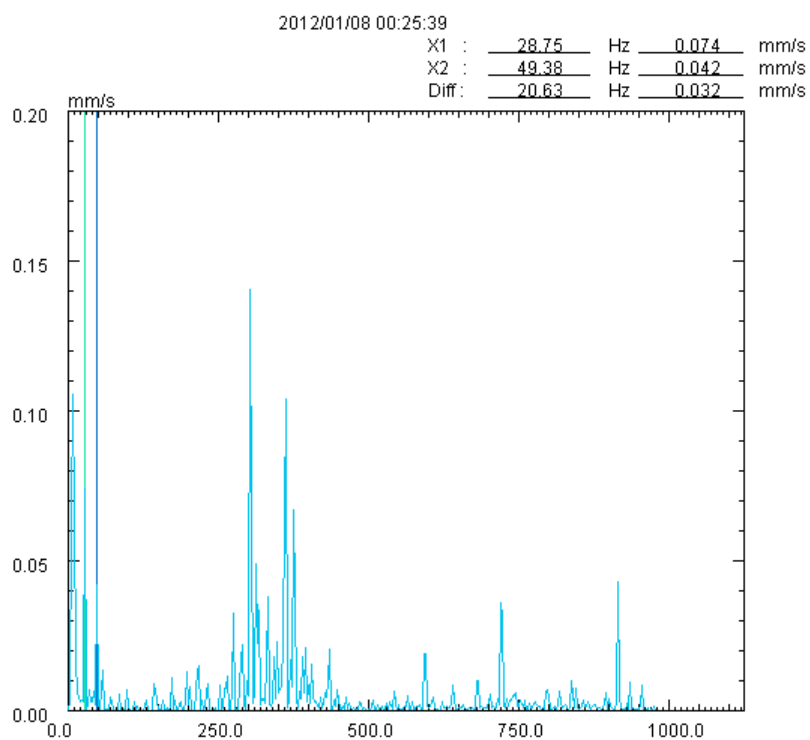
Hodnocení vibrací dle ČSN ISO 10816 mm/s	A – 0,7	B – do 1,8	C – do 4,5	D – nad 4,5
-------------------------------------------------	----------------	-------------------	-------------------	--------------------

Hodnocení stavu ložisek	provozní	výstraha	nepřípustný
--------------------------------	-----------------	-----------------	--------------------

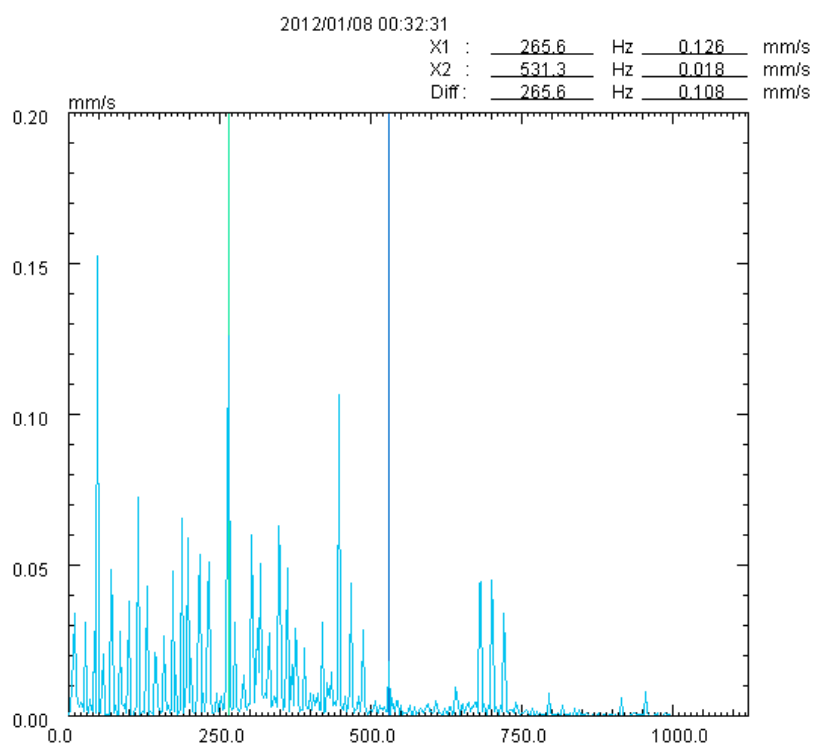
Unášecí vřetenno		Mohutnost vibrací									Stav ložisek
		Vertikální směr			Horizontální směr			Axiální směr			
mm/s	μm	G	mm/s	μm	G	mm/s	μm	G			
Motor bod	L1	A									provozní
Motor bod	L2	A									provozní
Unášeč bod	L3	0,04	0,6	0,13	0,08	1,4	0,09	0,05	0,8	0,14	provozní
Unášeč bod	L4	0,03	0,7	0,10	0,06	1,0	0,13	-	-	-	provozní

Měření mohutnosti vibrací motoru je na obou bodech v pásmu A – dobrý stav. Ve spektru obálky zrychlení jsou patrné násobky pravděpodobně ložiskových frekvencí. Hodnoty jsou však velmi malé, stav by neměl být alarmující.

Mohutnost vibrací na unášecím vřeteníku je malá. Ve spektrech obálky zrychlení detekovány pravděpodobně ložiskové frekvence na bodě L3, hodnoty jsou však velmi malé, je ale vhodné tento stav i nadále sledovat.

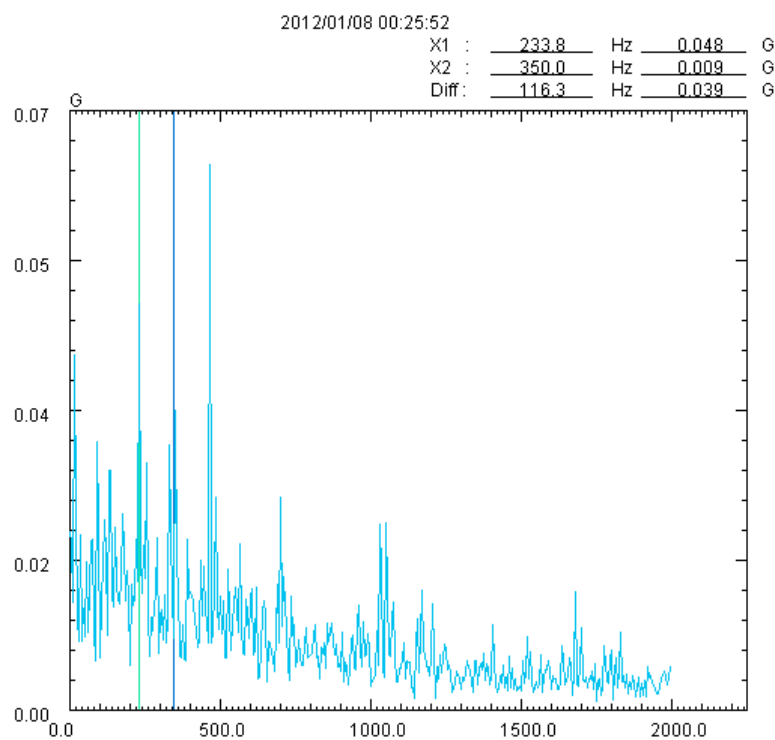


Obr. 28 – motor, bod L1, rychlost vibrací

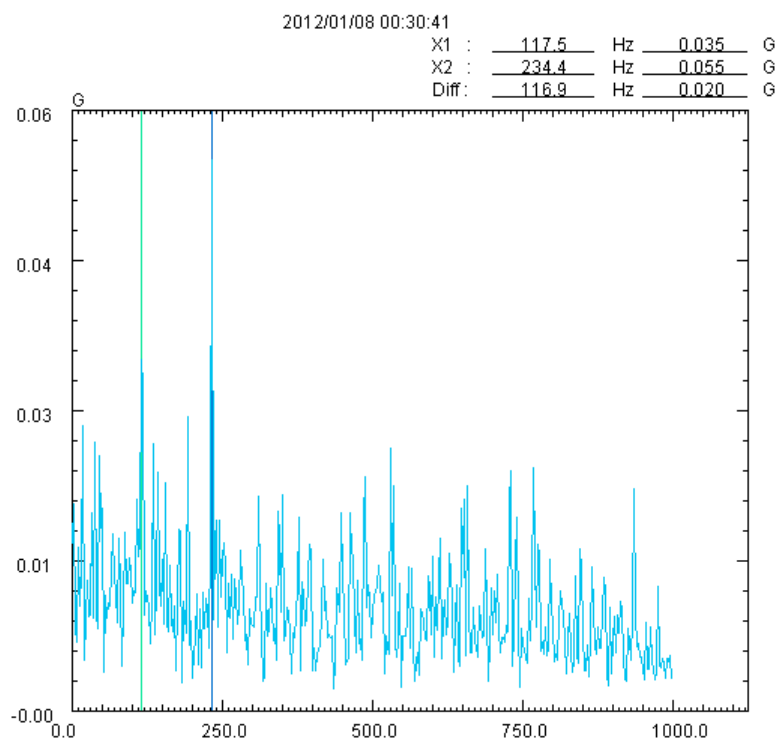


Obr. 29 – motor, bod L2, rychlost vibrací

Spektra rychlosti vibrací, na obou ložiscích jsou hodnoty malé, na bodě L2 patrné násobky frekvence 266 Hz.

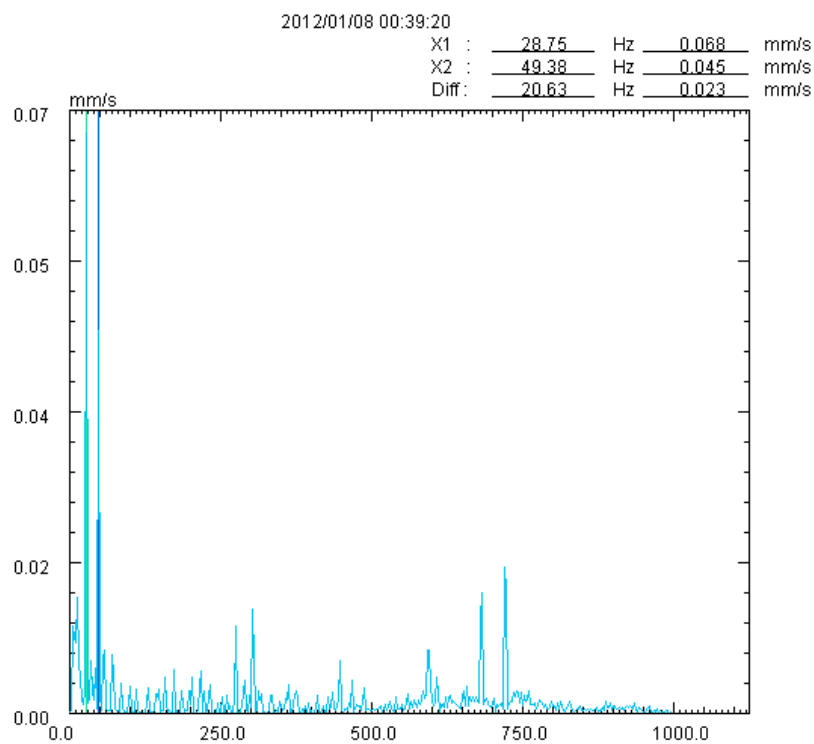


Obr. 30 – motor, bod L1, zrychlení vibrací

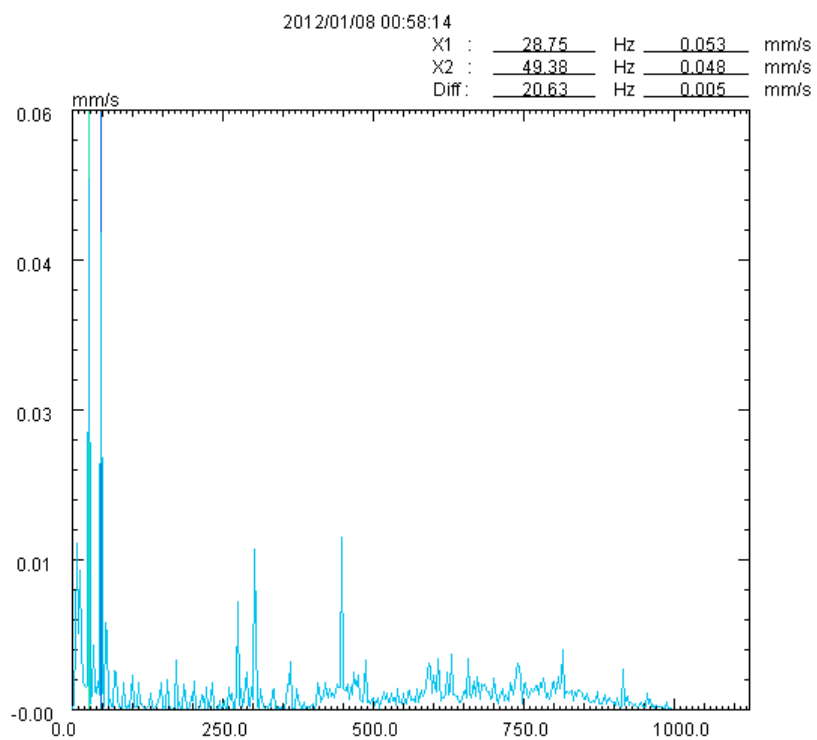


Obr. 31 – Motor, bod L2, zrychlení vibrací

Spektrum obálky zrychlení vibrací, na obou ložiscích patrné násobky frekvence 117 Hz – jde pravděpodobně o frekvence ložiskové. Hodnoty jsou však velmi malé, stav prozatím není alarmující.

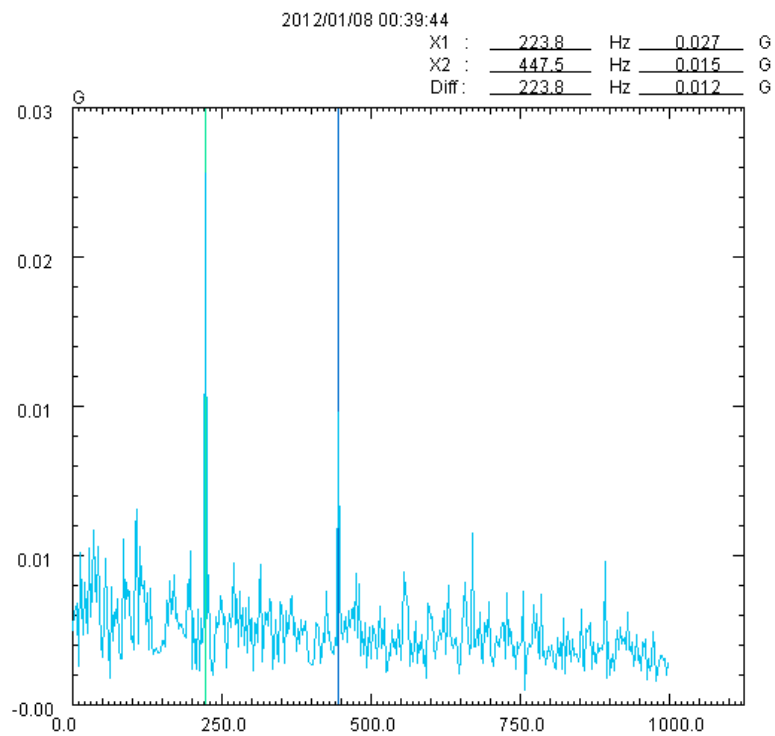


Obr. 32 – pracovní vřeteník, bod L3, rychlost vibrací

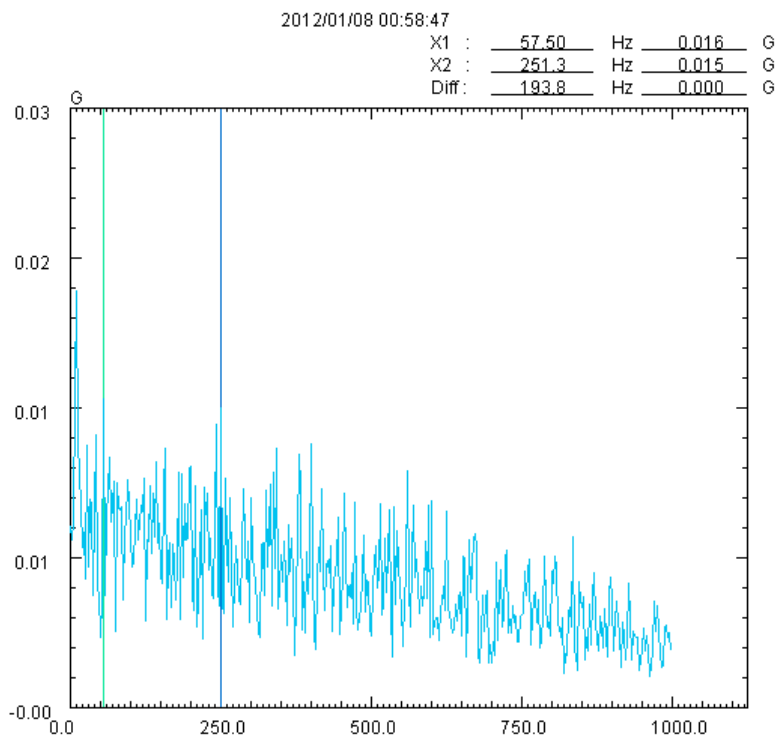


Obr. 33 – pracovní vřeteník, bod L4, rychlost vibrací

Spektra rychlosti vibrací, na obou ložiscích jsou naměřené hodnoty velmi malé, výraznější nevyváženost nezjištěna.



Obr. 34 - pracovní vřeteník, bod L3, zrychlení vibrací



Obr. 35 - pracovní vřeteník, bod L4, zrychlení vibrací

Spektrum obálky zrychlení vibrací, v bodě L3 jsou patrné násobky frekvence 224 Hz - pravděpodobně se jedná o ložiskové frekvence. Hodnoty jsou však velmi malé, stav není alarmující.

8. Návrh řešení

Integrace sledování opotřebení ložisek v rámci prediktivních kontrol do počítačového systému A – plus.

To znamená, vytvoření modulu do tohoto programu, kde by bylo možno sledovat trend vývoje opotřebení a možnost nastavit mezní hodnoty, při jejichž dosažení by software automaticky vhodným způsobem upozornil zodpovědné osoby. Například vedoucího údržby a výroby, kteří by ihned mohli naplánovat vhodné datum pro odstavení stroje a opravu.

Na základě dlouhodobého sledování trendu by program sám plánoval datum další prediktivní prohlídky tak, aby se prohlídka nedělala zbytečně brzo nebo pozdě.

Sledováním bylo zjištěno, že už při hodnotě zrychlení vibrací 0,35 G je patrná zhoršená kuželovitost broušeného povrchu vnitřního průměru ložiskových kroužků. Stroj je ale schopen bez následků poškození ještě několik měsíců pracovat. To samé platí i o obrocích, které mají hodnoty stále v toleranci.

Dalším krokem reengineeringu systému údržby by bylo využití datové základny pro systematické a efektivní plánování oprav, například CAS. Ve spolupráci s modulem pro plánování údržby a nově vytvořeným modulem pro diagnostiku by značně zjednodušila a zrychlila průběh oprav.

Jedním z mnoha objektů údržby by v tomto případě mohl být pracovní vřeteník a jeho pohon. Vibrodiagnostikou v rámci prediktivních prohlídek by byl sledován jejich skutečný stav. Při překročení mezních hodnot by byly ve spolupráci s datovou základnou zajištěny potřebné náhradní díly, nářadí a přípravy. Neméně důležitou informací pro naplánování odstávky stroje pro opravu, je i údaj o časové pracovní úkonu, který by datová základna taktéž pro konkrétní úkony poskytla.

9. Celkové zhodnocení

Jediným nástrojem pro zachování konkurenceschopnosti, snižování nákladů na neshodné díly a co nejmenší počet neplánovaných odstávek strojního zařízení, je zavedení vhodného proaktivního systému údržby.

Jako nejvhodnější se v současné době i do budoucna jeví TIM, totálně integrovaná údržba, která integruje výhody TPM do celkového systému řízení podniku. Nemůže být pochyb o tom, že diagnostika hraje v systému řízení údržby velkou roli a ne jinak tomu bude i do budoucna, se snižováním cen měřících zařízení se bude dostávat stále více do popředí zájmu. Výrobní technologie jsou v dnešní době vyspělé a drahé. Tomu musí odpovídat i metody jejich údržby a vyspělost dostupných nástrojů.

Olomoucký závod Koyo si význam diagnostiky uvědomil relativně nedávno, je ale na dobré cestě k dosáhnutí vytyčených cílů. Zvláště, zapracuje-li na počítačovém systému plánování a řízení údržby a rozšíří-li systém prediktivních prohlídek i na další strategické stroje a jejich důležité komponenty.

V této práci jsem se snažil co nejlépe popsat jak údržbu, tak i technickou diagnostiku a jejich význam jako celku. Čerpal jsem z teoretických i praktických znalostí, které jsem získal v práci i v průběhu studia na VŠB – TU Ostrava a ze seznamu použité literatury. Doufám, že tato bakalářská práce bude přínosem nebo částečným návodem na změny v systému údržby.

Poděkování:

Touto cestou bych chtěl poděkovat doc. Ing. Josefu Novákovi, CSc. za vedení mé bakalářské práce a cenné připomínky.

10. Seznam použité literatury

- [1] DOMINIK, Vlastimil. Výkon údržby. *Výkon údržby* [online]. S. 2 [cit. 2012-04-29]. Dostupné z: <http://www.management-consulting.cz/userFiles/vykonudr.pdf>
- [2] VALENT, Ondrej. *Komplexní řešení preventivní, autonomní, prediktivní a proaktivní údržby*. In: [online]. 2010 [cit. 2012-05-01]. Dostupné z: [http://udrzbapodniku.cz/index.php?id=47&tx_ttnews\[tt_news\]=3584&tx_ttnews\[backPid\]=1261&cHash=282460c3a1](http://udrzbapodniku.cz/index.php?id=47&tx_ttnews[tt_news]=3584&tx_ttnews[backPid]=1261&cHash=282460c3a1)
- [3] VALENT, Ondrej. *Prediktivní údržba – výhody a úskalí*. In: Údržba podniku [online]. 2010 [cit. 2012-05-01]. Dostupné z: <http://udrzbapodniku.cz/menu-gorne/artykuly/artykul/article/prediktivni-udrzba-vyhody-a-uskali/>
- [4] NOVÁK, Josef. *Organizace a řízení*. Ostrava, 2007. Dostupné z: <http://projekty.fs.vsb.cz/414/organizace-a-rizeni.pdf>. Učební text. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava.
- [5] NOVÁK, Josef. *Kooperace v oblasti TIM*. Brno: VUT Brno, 2011. ISBN 978-80-214-4352-5.
- [6] HELEBRANT, František. *Konstrukce velkostrojů a jejich spolehlivost. II. Díl. Provozní spolehlivost*. Montanex, 2004. 89 s. ISBN 80-7225-149-X.
- [7] SGLUNDA, Radomír. *Diagnostika stavu valivých ložisek*. In: Adash [online]. [cit. 2012-05-06]. Dostupné z: http://www.adash.cz/doc/ApplicationNotes/diag_val_lozisek_info_cz.pdf
- [8] VDOLEČEK, František. *SPOLEHLIVOST A TECHNICKÁ DIAGNOSTIKA*. Brno, 2002. Text pro podporu výuky. VUT Brno.
- [9] ŽIVOTSKÝ, Petr. *Chybové frekvence ložisek*. Brno, 2008. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [10] *Koyo Bearings Česká republika, s.r.o.* [online]. 2001 [cit. 2012-04-30]. Dostupné z: <http://www.koyobearings.cz/index.php/>
- [11] *A - plus software* [online]. 2006 [cit. 2012-05-07]. Dostupné z: <http://www.a-plus.cz/>
- [12] KOYO. *Návod na obsluhu brusky ALS1 CNC*. Olomouc, 2009.
- [13] http://www.skf.com/portal/skf_cz/home